



日 本 国 特 許 庁  
PATENT OFFICE  
JAPANESE GOVERNMENT

NF-2063

US

#3

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日  
Date of Application:

2000年 2月16日

出 願 番 号  
Application Number:

特願2000-037482

出 願 人  
Applicant(s):

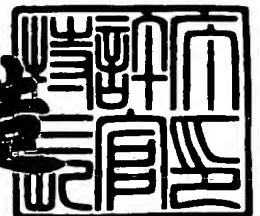
株式会社小松製作所

FAX RECEIVED  
MAR 14 2001  
GROUP 1700

2000年12月 8日

特許庁長官  
Commissioner,  
Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2000-3103411

【書類名】 特許願

【整理番号】 N99125

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 C23C 16/50

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県平塚市万田 1 2 0 0 株式会社小松製作所 研究本部内

【氏名】 高尻 雅之

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県平塚市万田 1 2 0 0 株式会社小松製作所 研究本部内

【氏名】 石田 晃一

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県平塚市万田 1 2 0 0 株式会社小松製作所 研究本部内

【氏名】 水上 裕之

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県平塚市万田 1 2 0 0 株式会社小松製作所 研究本部内

【氏名】 田渕 俊宏

【特許出願人】

【識別番号】 000001236

【氏名又は名称】 株式会社小松製作所

【代理人】

【識別番号】 100091948

【弁理士】

【氏名又は名称】 野口 武男

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 011095

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9704242

【書類名】明細書

【発明の名称】表面処理装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 プラズマ発生手段、原料ガス導入口、及び基板支持台を備えたケーシング内に、前記プラズマ発生手段によりプラズマを発生させて原料ガスをプラズマ化し、前記基板支持台上に載置された基板表面をプラズマ処理する表面処理装置であって、

前記ケーシングは、前記プラズマ発生手段を備えたプラズマ発生室と前記基板支持台を備えた基板処理室との二室に仕切り板により画成され、

前記仕切り板には一以上のプラズマ吹出口が形成されてなり、

前記プラズマ吹出口は一筆書きできる実質的に連続した長尺なスリット形状をなしている

ことを特徴とする表面処理装置。

【請求項 2】 前記プラズマ吹出口は渦巻き形状である請求項 1 記載の表面処理装置。

【請求項 3】 前記プラズマ吹出口は蛇行形状である請求項 1 記載の表面処理装置。

【請求項 4】 前記プラズマ吹出口は直線を連結した形状である請求項 1 記載の表面処理装置。

【請求項 5】 前記プラズマ吹出口は前記仕切り板の中心に対して対称に形成されてなる請求項 1 記載の表面処理装置。

【請求項 6】 前記プラズマ吹出口のスリット幅  $W$  は  $W \leq 5 L(e)$  又は  $W \leq 20 X$  のいずれかを満足する範囲に設定されてなる請求項 1 ～ 3 のいずれかに記載の表面処理装置。

但し、 $L(e)$  : 所望のプラズマ発生条件下において、原料ガス種及びそこから分解発生する電氣的に中性の原子、分子種（活性種）のうち最も直径の小さな原子又は分子種（活性種）に対する電子の平均自由行程

$X$  : 所望のプラズマ発生条件下において発生するシース層の厚み

【請求項 7】 前記プラズマ吹出口は前記仕切り板の中心から外周へ向けてそのスリット幅を変化させてなる請求項 1 記載の表面処理装置。

【請求項 8】 前記仕切り板は中心から外周へ向けてその厚みを変化させてなる請求項 1 記載の表面処理装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は基板への各種表面処理、特に基板への成膜処理に適した表面処理装置に関し、更に詳しくは、結晶質薄膜を高品質で且つ高速に成膜することが可能な表面処理装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

従来の平行平板型プラズマ CVD (Chemical Vapor Deposition) 装置は、図 9 に示す表面処理装置 21 のように、ケーシング 22 内に一对の平板状のプラズマ発生電極 23, 24 が平行に対向して設けられている。前記プラズマ発生電極 23, 24 のうち上方の電極 23 は中空体から構成し、その中空体内部に原料ガス導入管 25 から原料ガスを導入する。更に上方の電極 23 の下壁部には多数の原料ガス供給孔 23a を形成し、原料ガスを基板の処理領域へとシャワー状に供給可能にしている。下方の電極 24 は、その上面が基板 S の載置面となっており、更に下方電極 24 の下部には、更に、基板 S の温度を気相成長に適した温度に調整するためにヒータ 26 が設けられている。前記下方電極 24 に基板 S を載置した状態で、両プラズマ発生電極 23, 24 間に高周波数の電源 P (13.56 MHz の電源) による電力が印加されると、これら電極 23, 24 間でプラズマが発生し、原料ガス、例えばモノシランガスが活性化され、前記基板 S の表面にシリコン膜が形成される。

【0003】

かかる従来の平行平板型のプラズマ CVD 装置にあっては、基板を載置する平板状の前記プラズマ発生電極 24 の面積を大きくすることで、大面積の基板を一度の成膜処理で成膜することができるといった利点を有している。しかしながら

、従来の平行平板型のプラズマCVD装置にあっては、両プラズマ発生電極23、24によりプラズマ化された原料ガスは成膜ガス処理室内に均一に拡散され、その一部が前記電極上に載置された基板の成膜に寄与するだけである。このため原料ガスの利用効率が低く、例えばアモルファスシリコン薄膜や微結晶シリコン薄膜を基板上に成膜しようとする場合、成膜速度が $1 \sim 2 \text{ \AA/sec.}$ 程度と、投入電力が大きいにもかかわらず、成膜速度は遅い。そのため太陽電池などの比較的膜厚の厚い半導体デバイスを製作するには、更に長時間を要し、低スループット、高コストの主要因となっていた。

## 【0004】

そこで、成膜速度を上げるために、高周波電源Pによる投入電力を増大させることも考えられる。しかしながら、投入電力を増大させることにより、プラズマ中の荷電粒子の持つエネルギーは大きくなる。この高エネルギーを持った荷電粒子の基板への衝突によるダメージで、同基板Sの表面に形成されている膜の品質に劣化を来す。更には高周波電源Pによる高周波電力の増大に伴い、気相中で微粉末が多量に発生することになり、微粉末による膜質の劣化も飛躍的に増大することとなる。

## 【0005】

従って、従来の平行平板型のプラズマCVD装置にあっては、こうした高エネルギー荷電粒子の衝突によるダメージや微粉末による膜質の劣化を避けるために、投入電力を抑えざるを得ない。即ち、実質的には投入電力上限値が存在し、成膜速度を一定レベル以上に高めることができなかった。

## 【0006】

そこで、例えば特開昭61-32417号公報に開示されている薄膜形成装置は、基板に薄膜形成を行うための真空室内に、対向する一対のプラズマ発生電極を有する画成室からなる活性化気体発生装置が配されている。前記活性化気体発生装置の一壁部には活性化気体を真空室内へと噴出するための単一の細孔が形成されている。また、前記真空室内には前記細孔に対向する位置に基板が支持されている。

## 【0007】

前記薄膜形成装置では前記一対のプラズマ発生電極に高周波電圧を印加して、両電極間にグロー放電を発生させてプラズマを作る。前記活性化気体発生装置内に導入された原料ガスは、このプラズマによって分解される。このとき、真空室に配された真空ポンプと前記細孔のコンダクタンスとを調整することにより、前記真空室の真空度を前記活性化気体発生装置よりも2～3桁低くなるようにして、活性化された原料ガスを基板に向けて前記細孔から噴出させる。

## 【0008】

このように薄膜形成を行う真空室内において画成された活性化気体発生装置の内部にプラズマ発生電極を配し、同活性化気体発生装置において活性化された原料ガスを基板に向けて積極的に吹き付ける薄膜形成装置では、投入電力を増大させることなく、成膜速度を高めることができる。更には、投入電力を増大させてより強いプラズマを発生させた場合にも、プラズマ発生電極は画成された前記活性化気体発生装置内に設置されており、同電極間でのグロー放電により基板へダメージを与える虞れが全くない。そのため、投入電力を増大させて成膜速度を更に高めることが可能となる。また、成膜速度が高まるにもかかわらず、薄膜の結晶化も促進され、従来よりも速い成膜速度で高品質の薄膜を形成することができる。

## 【0009】

## 【発明が解決しようとする課題】

このように、プラズマ発生室と成膜処理室とを画成することにより成膜速度が高まってはいるが、更なる成膜速度の向上が望まれており、特に、太陽電池等の用途として微結晶薄膜の高速成膜が強く望まれている。更には一度に処理できる面積を大きくする大面積化も望まれている。

そこで本発明はかかる要望を達成すべく、一度に広い面積を高速且つ高品質に表面処理することが可能な表面処理装置を提供することを目的とする。

## 【0010】

## 【課題を解決するための手段及び作用効果】

上述したように、ケーシング内がプラズマ発生室と基板処理室との二室に画成された表面処理装置にあっては、従来の図9に示すような平行平板型の表面処理

装置 2 1 よりも表面処理の速度及び品質が向上することがわかっている。

【 0 0 1 1 】

本発明者らはこの二室に画成された表面処理装置に更に改良を加えるべく検討を行ったところ、図 1 0 に示すような二室を画成する仕切り板 6 ' に形成されたプラズマ吹出口 7 ' の寸法がある所定の範囲内にあるときには、更に表面処理速度及びその品質が向上することを見出した。そしてその理由としては、前記プラズマ吹出口 7 ' の寸法が前記所定の範囲内にあるときには同吹出口においてホローカソードグロー放電又はホローアノードグロー放電が発生し、原料ガスのプラズマ化が促進されることにより活性種の数が更に増えるためであると推察している。

【 0 0 1 2 】

更に一度に大きな面積に成膜を施すべく、図 1 1 に示すように仕切り板 6 " にプラズマ吹出口 7 " を多数形成したところ、投入電力の大きさなどプラズマ処理条件によっては、厚みや品質が不均一な成膜となる場合があった。

【 0 0 1 3 】

そこで、本発明者らは更なる検討を行い、いかなるプラズマ処理条件であってもほぼ均一な厚み及び品質で成膜処理が可能となるような表面処理装置を得るに到ったものである。

【 0 0 1 4 】

本件請求項 1 に係る発明は、プラズマ発生手段、原料ガス導入口、及び基板支持台を備えたケーシング内に、前記プラズマ発生手段によ原料ガスをプラズマ化し、前記基板支持台上に載置された基板表面をプラズマ処理する表面処理装置であって、前記ケーシングは、前記プラズマ発生手段を備えたプラズマ発生室と前記基板支持台を備えた基板処理室との二室に仕切り板により画成され、前記仕切り板には一以上のプラズマ吹出口が形成されてなり、前記プラズマ吹出口は一筆書きできる長尺な実質的に連続したスリット形状をなしていることを特徴としている。

【 0 0 1 5 】

なお、実質的に連続したスリット形状とは、前記プラズマ吹出口には後述する



ようにホロー放電によるプラズマが生じるが、このプラズマが一つのプラズマ吹出口において分断することなく連続できるような形態のスリット形状をいう。例えば前記プラズマ吹出口のスリット幅方向にリブが形成されている場合に、そのリブの仕切り板厚方向の寸法や幅寸法が十分に小さく、プラズマが前記リブを乗り越えてスリット形状のプラズマ吹出口において分断されずに連続できる場合には、そのプラズマ吹出口は実質的に連続しているとする。

## 【 0 0 1 6 】

前記プラズマ発生手段としては、カソード及びアノードからなる一対のプラズマ発生電極による放電や、三極以上の電極を有する放電、マイクロ波放電、容量結合型放電、誘導結合型放電、ヘリコン波放電、PIG放電、電子線励起放電などの手段を採用できる。

## 【 0 0 1 7 】

上記表面処理装置により表面処理を行うには、ガス供給管を通じてケーシング内に原料ガス及びキャリアガスを注入し、プラズマ発生手段により、プラズマ発生室内にプラズマを発生させる。このとき、前記基板処理室は室圧を前記プラズマ発生室よりも低圧に調節しているため、同プラズマ発生室内のプラズマは、前記プラズマ吹出口から前記基板処理室内へと吹き出す。前記プラズマ吹出口からプラズマが吹き出した後に、さらに原料ガス及びキャリアガスを注入してもよい。このプラズマ中の活性化された原料ガスは、プラズマの流れにより前記処理室内の基板表面へと到達し、同基板にエッチングや成膜等の表面処理が施される。

## 【 0 0 1 8 】

本件発明にあっては、前記プラズマ吹出口を一筆書きできる長尺な実質的に連続したスリット形状とすることにより、プラズマ吹出口にはホロー放電によるプラズマが発生する。このホロー放電は前記プラズマ吹出口の電位によりホローカソードグロー放電又はホローアノードグロー放電となる。

## 【 0 0 1 9 】

このホロー放電によって前記プラズマ吹出口において新たにプラズマが生成されるため、基板処理室へと導かれるプラズマの密度が高められる。更には、プラズマ発生室内で発生したプラズマは、ホロー放電の発生しているプラズマ吹出口

を通過する際に、衝突などによる相互作用によって前記プラズマ内の荷電粒子（電子又はイオン）のエネルギーが低下する。電子のエネルギーが低下することにより、電子は、原料ガスから表面処理に寄与する中性活性種を生成するに十分であり、しかも基板表面に衝突して損傷させるイオンは生成することの少ない適度な強度のエネルギーとなるため、結果としてイオンを増加させることなく中性活性種の数を増やすことができる。また、プラズマ内の高エネルギーイオンの数を減少させることにより、これらのイオンによる基板損傷の影響を減少できる。

## 【 0 0 2 0 】

このように、ホロー放電により、プラズマ密度が向上して表面処理に寄与する中性活性種が増加するため、表面処理の速度が高められる。また、プラズマ内に存在する、基板に衝突してダメージを与えるイオンのエネルギーを低下させることにより、基板表面の劣化を抑制でき、高品質の表面処理を高速で行うことができる。

## 【 0 0 2 1 】

更には、前記プラズマ吹出口が長尺なスリット状であり、即ち、従来のように仕切り板の中央に単一の吹出口を設ける場合よりも広い面積にわたってプラズマ吹出口が開口しているため、一度の処理で基板の広範囲にわたって表面処理を施すことが可能となる。

## 【 0 0 2 2 】

前記基板としてはガラス、有機フィルム、或いは S U S 等の金属を使用することができる。さらに本発明の表面処理装置は成膜やアッシング、エッチング等の各種表面処理に使用できるが、前記基板表面にアモルファスシリコンや、更には結晶質シリコンなどのシリコン薄膜や酸化膜を成膜する際に特に好適に使用される。

## 【 0 0 2 3 】

前記原料ガス導入口は、前記プラズマ発生室内に開口させてもよく、或いは、前記プラズマ発生室内にはキャリアガスのみを導入し、前記原料ガス導入口は前記プラズマ吹出口の側面に開口させることもできる。更には、例えば原料ガス導入用のパイプなどの導入手段を用いて、前記原料ガス導入口を基板処理室内に開

口させ、原料ガスを基板処理室内における前記プラズマ吹出口と基板との間に導入してもよい。前記原料ガス導入口を前記吹出口に開口させる場合や、基板処理室内に開口させる場合には、前記原料ガスは前記吹出口を通過するプラズマ化されたキャリアガスによりプラズマ化される。この場合には、前記プラズマ発生室の内壁面が前記原料ガスにより汚染されることがない。

## 【 0 0 2 4 】

なお、前記プラズマ発生手段として一对のプラズマ発生電極を使用する場合に、これら電極には直流電源又は高周波電源を接続して直流～高周波電力まで印加することが可能であるが、特に、高周波電力を投入することが好ましい。更に、各電極にそれぞれ直流又は交流の電源によってバイアスを印加することもできる。

## 【 0 0 2 5 】

前記プラズマ吹出口としては、本件請求項 2～4 に係る発明のように、渦巻き形状、蛇行形状、直線を連結した形状などが挙げられる。

更に、本件請求項 5 に係る発明によれば、前記プラズマ吹出口は前記仕切り板の中心に対して対称に形成されている。このように形成することで、基板により均一に表面処理を施すことが可能となる。

## 【 0 0 2 6 】

また、プラズマ吹出口により効果的にホロー放電を発生させると共に、前記吹出口から効率良くプラズマを吹出させるために、本件請求項 6 に係る発明によれば、前記プラズマ吹出口のスリット幅  $W$  は  $W \leq 5 L(e)$  又は  $W \leq 20 X$  のいずれかを満足する範囲に設定されている。但し、 $L(e)$  は所望のプラズマ発生条件下において、原料ガス種及びそこから分解発生する電氣的に中性の原子、分子種（活性種）のうち最も直径の小さな原子又は分子種（活性種）に対する電子の平均自由行程であり、 $X$  は所望のプラズマ発生条件下において発生するシース層の厚みである。

## 【 0 0 2 7 】

なお、電子とガス分子（原子を含む）との散乱における電子の平均自由行程は、ガス圧、原子・分子の散乱断面積及び温度に依存するが、前記プラズマ発生条

件には、これらガス圧、原子・分子の散乱断面積、及び温度などが含まれている。

【 0 0 2 8 】

本件請求項 7 に係る発明は、前記プラズマ吹出口は前記仕切り板の中心から外周へ向けてそのスリット幅を変化させている。

また、本件請求項 8 に係る発明では、前記仕切り板は中心から外周へ向けてその厚みを変化させている。

【 0 0 2 9 】

上記表面処理装置では、プラズマ発生手段として一对のプラズマ発生電極を採用する場合、この電極に印加する高周波電力の周波数により、前記プラズマ吹出口に発生するホロー放電のプラズマの密度が、仕切り板の中心からの距離に応じて異なる場合がある。そのような場合には、上述したようにスリット幅を例えばホロー放電の発生しやすい部分ではスリット幅を小さく、或いは仕切り板の厚みを大きくし、反対にホロー放電の発生しにくい部分ではスリット幅を大きく、或いは仕切り板の厚みを小さくするように、前記スリット幅の寸法又は仕切り板の厚みを、前記仕切り板の中心から外周へ向けて変化させ、プラズマ吹出口の全長にわたって均一な密度でプラズマが発生するように制御することができる。これにより、表面処理が基板の全面にわたって均一になされる。

【 0 0 3 0 】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態について、図面及び好適な実施例を参照して具体的に説明する。

なお、以下の説明においては、放電のための主たる電力を印加する側の電極をカソード電極とし、同カソード電極に対向する電極をアノード電極としている。

【 0 0 3 1 】

図 1 は本発明の好適な実施形態である表面処理装置 1 の概略図である。

同装置 1 は外気と遮断され、接地されたケーシング 2 が、プラズマ発生室 3 と基板処理室 4 との 2 室に画成されている。

【 0 0 3 2 】

前記プラズマ発生室 3 内には一対のプラズマ発生電極 5, 6 が上下に平行に配されている。一対の電極 5, 6 のうち高周波電源 P に接続されている上方の電極（カソード電極）5 は前記ケーシング 2 の上壁 2 a に絶縁体 2 b を介して取り付けられており、一方、接地されている下方の電極（アノード電極）6 は、前記プラズマ発生室 3 と前記基板処理室 4 とを画成している。なお、前記アノード電極 6 は接地されているケーシング 2 の上壁 2 a に直接取り付けられているが、これに限定されるものではなく、ケーシング 2 の任意の位置に取り付けることが可能である。

## 【 0 0 3 3 】

前記カソード電極 5 は中空円柱状をなし、その上壁部 5 a にはガス供給管 8 が貫通して配されており、このガス供給管 8 から前記カソード電極 5 の中空内部に、例えば成膜処理の場合には、モノシラン等の原料ガスと、プラズマの発生を促進すると共にプラズマを安定化し、且つ原料ガスを基板 S まで搬送するためのキャリアガスとの混合ガスを導入している。また前記アノード電極 6 との対向部分である前記カソード電極 5 の下壁部 5 b には、中空内部に導入された原料ガスをプラズマ発生室 3 内に供給するために、複数のガス供給孔 5 c が形成されている。このように、混合ガスを一旦、前記カソード電極 5 の中空内部に貯留したのち、前記ガス供給孔 5 c からシャワー状に前記プラズマ発生室 3 内に導入することにより、前記混合ガスを均一の濃度及び圧力で前記プラズマ発生室 3 内に導入することができる。

## 【 0 0 3 4 】

なお、前記カソード電極 5 の中空内部にはキャリアガスのみを導入して、原料ガスは別途、異なる導入口を設けて前記プラズマ発生室 3 の内部へ、或いは、成膜処理室 4 の内部へと導入することもできる。

## 【 0 0 3 5 】

前記アノード電極 6 の中心には図 2 示すような上面形状が渦巻き形状をなすスリット状のプラズマ吹出口 7 が形成されており、このプラズマ吹出口 7 を介して前記プラズマ発生室 3 と基板処理室 4 とが連通されている。なお、前記アノード電極 6 とは別途に前記プラズマ発生室 3 と基板処理室 4 とを画成するための仕切

り板を配し、同仕切り板にプラズマ吹出口を形成することもできる。

#### 【0036】

本実施例においては、前記プラズマ吹出口7を渦巻き形状、即ち、一筆書きでできる長尺な実質的に連続したスリット形状としていることが重要である。更に、このプラズマ吹出口7のスリット幅Wは長手方向に均一であり、更に、渦巻きの間隔Lは前記スリット幅Wと同一にしている。また、前記スリット幅Wは、 $W \leq 5L(e)$  又は  $W \leq 20X$  のいずれかを満足する範囲に設定することが好ましく、更に前記開口幅Wを  $X/5 \leq W$  の範囲に設定することが好ましい。ここで、 $L(e)$  とは所望のプラズマ発生条件下において、原料ガス種及びそこから分解発生する電氣的に中性の原子、分子種（活性種）のうち最も直径の小さな原子又は分子種（活性種）に対する電子の平均自由行程であり、Xとは所望のプラズマ発生条件下において発生するシース層の厚みである。

#### 【0037】

前記基板処理室4内には前記プラズマ吹出口7に対向する位置に基板支持台9が配されている。本実施例においては前記基板支持台9は接地されているため、同支持台9上に載置された基板Sも同様に接地されることとなる。なお、前記基板支持台9を接地せずに直流的又は交流的にバイアス印加することも、パルスのバイアス印加することも可能である。また、前記基板支持台9にはヒータが内蔵されており、前記基板支持台9の上面に載置された基板Sの温度を、気相成長に適した温度に調整する。

なお、前記基板処理室4は図示せぬバルブ、圧力調整弁及び真空ポンプにより、前記プラズマ発生室3よりも低い室圧に調整されている。

#### 【0038】

上記表面処理装置1により成膜処理を施す場合に、ガス供給管を通じてケーシング内に原料ガス及びキャリアガスを注入し、前記カソード電極5に高周波電源Pにより高周波電力を投入すると、前記電極5、6間、つまり前記プラズマ発生室3内でプラズマが発生する。このプラズマ中には原料ガス及びキャリアガスから発生した活性種とイオンなどが含まれる。前記基板処理室4は室圧を前記プラズマ発生室3よりも低圧に調整しているため、同プラズマ発生室3内のプラズマ

は、前記プラズマ吹出口7から前記基板処理室4内へと吹き出す。この吹き出したプラズマにより前記処理室4内の基板S表面に前記活性種やイオンが到達し、同基板S表面に薄膜が形成される。

## 【0039】

更に本実施形態では、渦巻き状の前記プラズマ吹出口7にはホローアノードグロー放電が誘起される。この一筆書きできる長尺な実質的に連続した渦巻き状の前記プラズマ吹出口7内部でのプラズマの誘起については、プラズマ吹出口7内部の任意の位置でホローアノードグロー放電が誘起され、連鎖的に前記吹出口7の内部全体にホローアノードグロー放電が伝播されると考えられる。

## 【0040】

前記プラズマ吹出口7にはホローアノードグロー放電が誘起されるため、基板処理室4へと導かれるプラズマの密度が高められる。更に、本実施形態にあってはプラズマ吹出口7を渦巻き状にすることで、実質的にはプラズマ吹出口7がアノード電極6の広い範囲にわたって形成されることになり、しかも、そのプラズマ吹出口7の全長からプラズマが吹き出すため、基板Sの広い範囲にわたりほぼ均一な表面処理が可能となる。

## 【0041】

また、本実施形態にあっては、プラズマ吹出口7のスリット幅 $W$ を $X/5 \leq W \leq 5L(e)$  又は  $X/5 \leq W \leq 20X$  のいずれかを満足する範囲に設定しているため、前記プラズマ吹出口7でのホローアノードグロー放電の発生を更に促進することができる。

## 【0042】

更に、プラズマ発生室3内で発生したプラズマが、ホローアノード放電の発生域であるプラズマ吹出口7を通過する際に、前記プラズマ内の電子のエネルギーが、活性種を生成するに十分で、イオンを生成するには不十分な強度まで適度に低減されるため、基板処理室4へと導かれるプラズマは成膜に寄与する活性種が更に増大し、密度の高いプラズマとなり、成膜速度が著しく向上する。更には、ホローアノードグロー放電が誘起されているプラズマ吹出口7を通過する際に、前記プラズマ内のイオンエネルギーも低下するため、基板処理室4へと導かれた

プラズマには、基板に衝突してダメージを与えるイオンが少なく、高品質な成膜が可能となる。

#### 【 0 0 4 3 】

本発明の効果を具体的な実施例を挙げて説明する。

##### 「実施例 1」

上述した実施形態による表面処理装置 1 において、アノード電極 6 の厚みが 7 . 0 mm であり、同アノード電極 6 に形成されている渦巻き形状のプラズマ吹出口 7 のスリット幅 W を 8 . 0 mm、渦巻きの間隔 L を 8 . 0 mm として、シリコン薄膜の成膜処理を行ったところ、成膜速度を従来よりも高めても、得られたシリコン膜は結晶質となっていた。上記の成膜処理に使用したスリット幅はホロー放電が誘起される条件を満たしている。

##### 「比較例」

上記表面処理装置 1 におけるアノード電極 6 に代えて、図 1 0 に示すような中心に直径が 5 0 mm である円形のプラズマ吹出口 7 ' が形成された厚みが 7 . 0 mm のアノード電極 6 ' を使用した表面処理装置を用いて実施例 1 と同様にシリコン薄膜の成膜処理を行ったところ、成膜速度を高めると、シリコン薄膜は非晶質になっており、結晶質のシリコン薄膜を得ることができなかった。このときの成膜処理に使用したオリフィス径はホロー放電が誘起される条件を満たしていない。

#### 【 0 0 4 4 】



【表 1】

	実施例 1	比較例
プラズマ吹出口の 形状	渦巻きスリット形状 スリット幅W: 8.0mm 渦間隔L: 8.0mm	円形 径: 50mm
アノード電極の厚み	7.0mm	7.0mm
スリット幅条件 $W \leq (e)$ or $W \leq 20X$	条件を 満たしている	条件を 満たしていない
成 膜 速 度	6.0 Å/sec	5.0 Å/sec
膜 質	結晶質	非晶質

## 【0045】

なお、上述した実施形態では前記アノード電極 6 を接地しているが、前記電極 5、6 にそれぞれ直流又は交流の電源又はパルス電源によってバイアスを印加することもできる。更には、上述の実施例ではアノード電極 6 によりプラズマ発生室 3 と基板処理室 4 とを画成しているが、前記アノード電極 6 とは別途にプラズマ吹出口を有する仕切り板を設けてプラズマ発生室 3 と基板処理室 4 とを画成することもできる。

また、上述した表面処理装置を用いて、アッシングやエッチング等の他の表面処理を行う場合にも、従来よりも低温で且つ高速に表面処理を行うことが可能である。

## 【0046】

以下、本発明の特徴部分であるプラズマ吹出口の好適な変形例について説明する。

図 3 に示すプラズマ吹出口 11 も上述したプラズマ吹出口 7 と同様に上面形状が渦巻き形状をなしており、更に複数箇所においてスリット幅を連結するリブ 1

1 a が形成されている。このように複数箇所ではリブ 1 1 a を形成することにより、例えば同プラズマ吹出口 1 1 の形成されている仕切り板（アノード電極 6）が薄板である場合にも、プラズマ吹出口 1 1 の形態を安定して保持できる。なお、このようなリブ 1 1 a を形成するにあたって、前記プラズマ吹出口 1 1 が実質的に連続していることが重要である。即ち、前記リブ 1 1 a の板厚方向での寸法を板厚よりも小さくしたり、或いはリブ 1 1 a の幅寸法を小さくするなどして、前記プラズマ吹出口 1 1 内に発生するプラズマを分断しないことが重要である。

## 【 0 0 4 7 】

図 4 に示すプラズマ吹出口 1 2 は、上面形状がジグザグな蛇行形状である。このプラズマ吹出口 1 2 は仕切り板（アノード電極 6）の中心に対して点対称となっている。

## 【 0 0 4 8 】

図 5 に示すプラズマ吹出口 1 3、1 3 も上面形状がジグザグな蛇行形状であり、上述の図 4 に示すプラズマ吹出口 1 2 を仕切り板（アノード電極 6）の中心部分で分断した形状である。2 つの前記プラズマ吹出口 1 3、1 3 は互いに、仕切り板（アノード電極 6）の中心に対して点対称となるよう形成されている。

## 【 0 0 4 9 】

図 6 に示すプラズマ吹出口 1 4 は上面形状が直線を連結した略 U 字状をなしている。更に開放している端部も連結して矩形状とし、中心部分が落下しないよう、上述したようなリブで連結することもできる。

## 【 0 0 5 0 】

図 7 に示すプラズマ吹出口 1 5 は上面形状が渦巻き形状であり、更にそのスリット幅 W を仕切り板（アノード電極 6）の中心近傍のスリット幅 W1 から外周のスリット幅 W2 に向けて徐々に減少するように形成している。ここで、例えば周波数が 1 3、5 6 M H z の高周波電源により電力を印加してプラズマを発生させる場合に、上述した図 1 及び図 2 に示す表面処理装置 1 のように、渦巻き形状のプラズマ吹出口 7 のスリット幅 W を一定にすると、基板 S に到達するプラズマは中心部分で弱く、外周部分へ向けて強くなる傾向にある。このようにプラズマの密度が不均一になる場合に、図 7 のようにスリット幅 W を仕切り板の中心近傍か

ら外周へ向けて漸減させることにより、最終的に基板Sの表面に到達するプラズマの密度を均一化することができ、高速成膜で且つ膜厚分布及び膜品質が一定な膜が形成できる。

### 「実施例 2」

図 7 に示すプラズマ吹出口 1 5 であって、仕切り板の中心近傍でのスリット幅 W1 を 8.0 mm、外周近傍でのスリット幅 W2 を 6.0 mm とし、且つ渦巻きの間隔 D を 8.0 mm に設定したものを採用して、実施例 1 と同様にシリコン薄膜の成膜処理を行った。その結果、結晶質のシリコン薄膜が得られ、その膜厚分布も実施例 1 に比べてより均一化されていた。

【 0 0 5 1 】

【表 2】

	実施例 1	実施例 2
プラズマ吹出口の 形状	渦巻きスリット形状 スリット幅 W: 一定 8.0mm  渦間隔 L: 8.0mm	渦巻きスリット形状 スリット幅 W: 変化 W1 8.0mm W2 6.0mm 渦間隔 L: 8.0mm
アノード電極の厚み	7.0 mm	7.0 mm
膜厚分布 (均一性)*	0.75	1.00
膜 質	結晶質	結晶質

\* 膜厚分布は成膜した膜のなかで最も薄い部分を最も厚い部分で除し、規格化したものである。

【 0 0 5 2 】

また、図 8 に示すプラズマ吹出口 1 6 は、上面形状が渦巻き形状で、スリット幅 W が一定であるが、同プラズマ吹出口 1 6 のスリット深さ D、即ち仕切り板（アノード電極 6）の厚み寸法を中心から外周に向けて徐々に大きくしている。この図 8 に示すプラズマ吹出口 1 6 のようにスリット深さ D を仕切り板の中心近傍

から外周へ向けて増加させることにより、最終的に基板Sの表面に到達するプラズマの密度を均一化することができ、高速成膜で且つ膜厚分布及び膜品質が一定な膜が形成できる。

#### 【0053】

なお、上述した図7に示すプラズマ吹出口15は同吹出口15が形成されているアノード電極6の中心から外周へ向けてスリット幅Wを減少させており、図8に示すプラズマ吹出口はアノード電極6の中心から外周へ向けてスリット深さDを増加させている。これは、上述したように周波数が13.56MHzの高周波電源により電力を印加してプラズマを発生させる場合に、基板Sに到達するプラズマの密度は中心部分で低く、外周部分へ向けて高くなる傾向に対処するためである。

#### 【0054】

しかしながら、例えば周波数を8倍前後の例えば100MHz程度とした場合には、上述の傾向とは逆に、中心から外周へ向けてプラズマ密度が低くなる傾向が認められる。そのような場合には、プラズマ吹出口のスリット幅Wを中心から外周へ向けて増加し、或いは、スリット深さDを中心から外周へ向けて減少させることが好ましい。いずれにしても、前記プラズマ吹出口のスリット幅及びスリット深さは、印加電力の周波数や室圧、温度などの各種プラズマ発生条件に応じて基板Sへと到達するプラズマの密度に鑑み、適宜設定するものである。

#### 【図面の簡単な説明】

##### 【図1】

本発明の好適な実施形態である表面処理装置の概略を示す断面図である。

##### 【図2】

上記装置におけるアノード電極の平面図である。

##### 【図3】

本発明の他の実施形態によるアノード電極の平面図である。

##### 【図4】

本発明の更に他の実施形態によるアノード電極の平面図である。

##### 【図5】

本発明の更に他の実施形態によるアノード電極の平面図である。

【図 6】

本発明の更に他の実施形態によるアノード電極の平面図である。

【図 7】

本発明の更に他の実施形態によるアノード電極の平面図である。

【図 8】

本発明の更に他の実施形態によるアノード電極の平面図及び断面図である。

【図 9】

従来の平行平板型の表面処理装置の概略を示す断面図である。

【図 1 0】

従来のアノード電極の平面図である。

【図 1 1】

従来の他のアノード電極の平面図である。

【符号の説明】

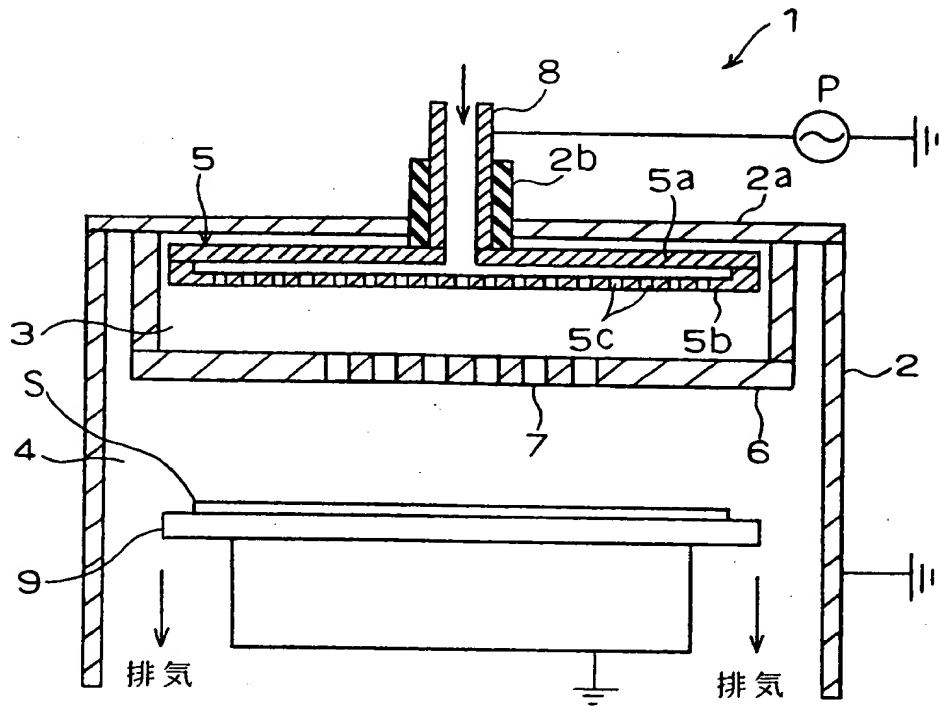
1	表面処理装置
2	ケーシング
2 a	上壁
2 b	絶縁体
3	プラズマ発生室
4	基板処理室
5	カソード電極
5 a	上壁部
5 b	下壁部
5 c	ガス供給孔
6, 6', 6"	アノード電極
7, 7', 7"	プラズマ吹出口
8	ガス供給管
9	基板支持台
1 1, 12, 13, 14, 15, 16	プラズマ吹出口

2 1	表面処理装置
2 2	ケーシング
2 3, 2 4	プラズマ発生電極
2 5	原料ガス導入管
2 6	ヒーター
S	基板
P	高周波電源

【書類名】 図面

【図 1】

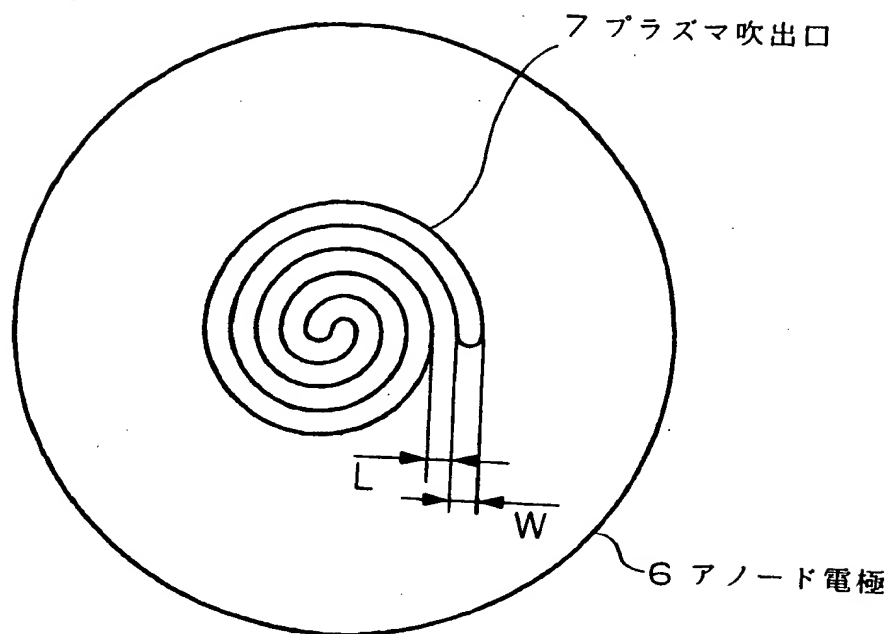
本発明の好適な実施形態である表面処理装置の概略を示す断面図



- |     |         |
|-----|---------|
| 1   | 表面処理装置  |
| 2   | ケーシング   |
| 2 a | 上壁      |
| 2 b | 絶縁体     |
| 3   | プラズマ発生室 |
| 4   | 基板処理室   |
| 5   | カソード電極  |
| 5 a | 上壁部     |
| 5 b | 下壁部     |
| 5 c | ガス供給孔   |
| 6   | アノード電極  |
| 7   | プラズマ吹出口 |
| 8   | ガス供給管   |
| 9   | 基板支持台   |
| S   | 基板      |
| P   | 高周波電源   |

【図 2】

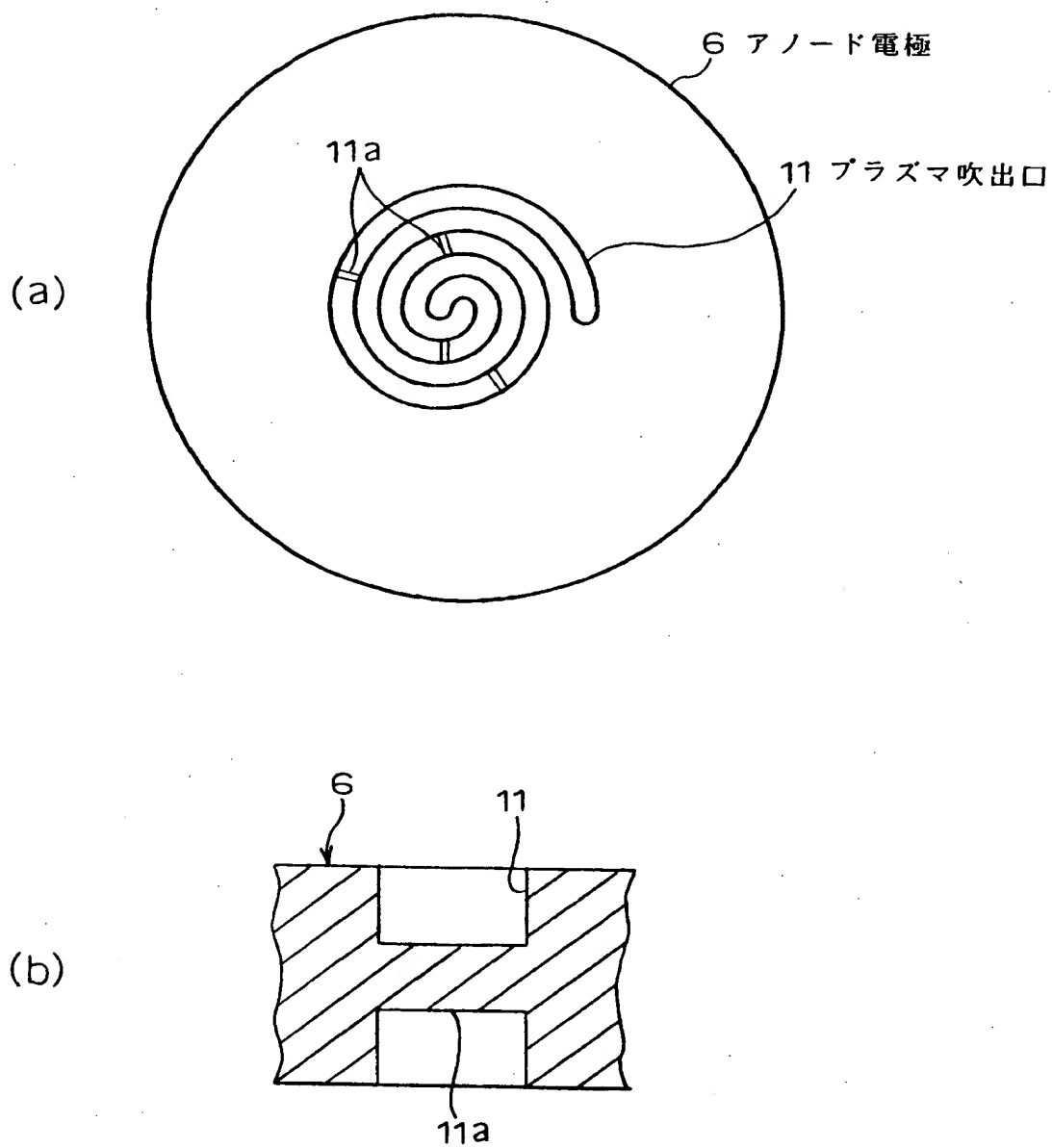
表面処理装置におけるアノード電極の平面図





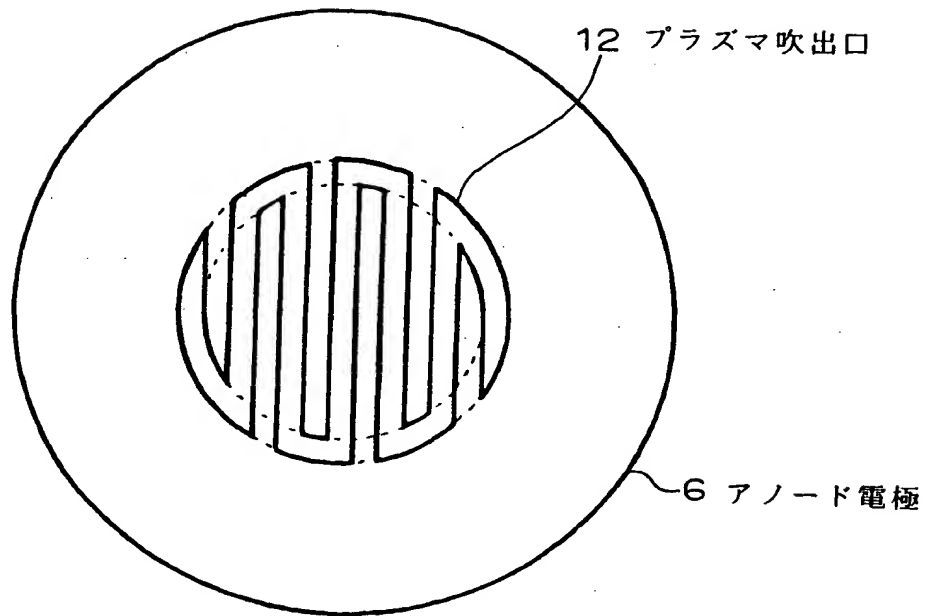
【図 3】

本発明の他の実施形態によるアノード電極の平面図



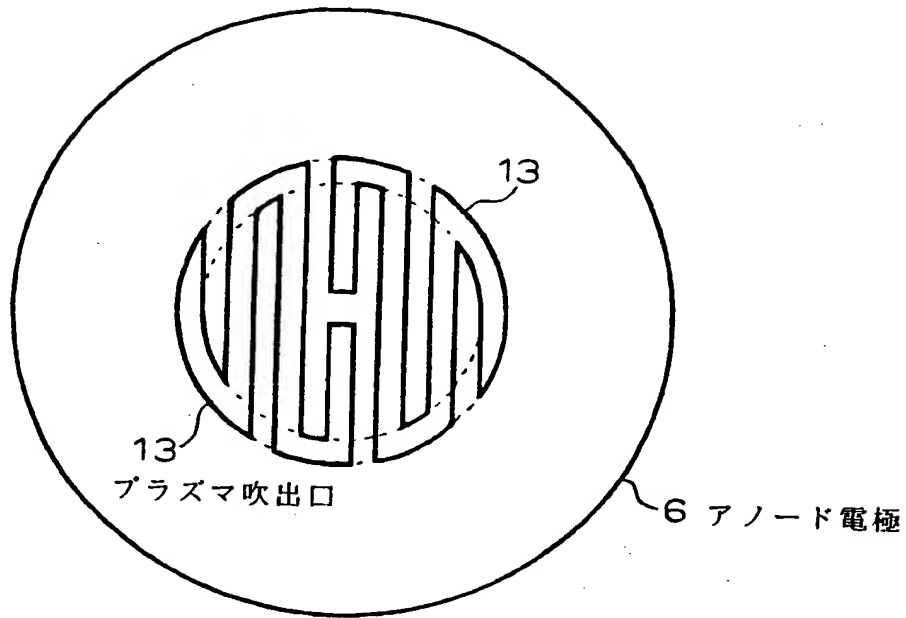
【図 4】

本発明の更に他の実施形態によるアノード電極の平面図



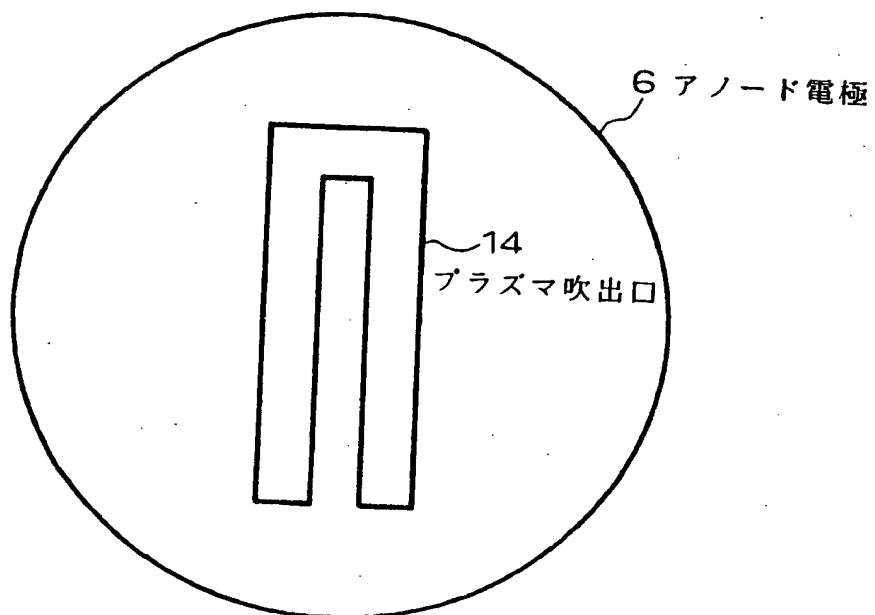
【図 5】

本発明の更に他の実施形態によるアノード電極の平面図



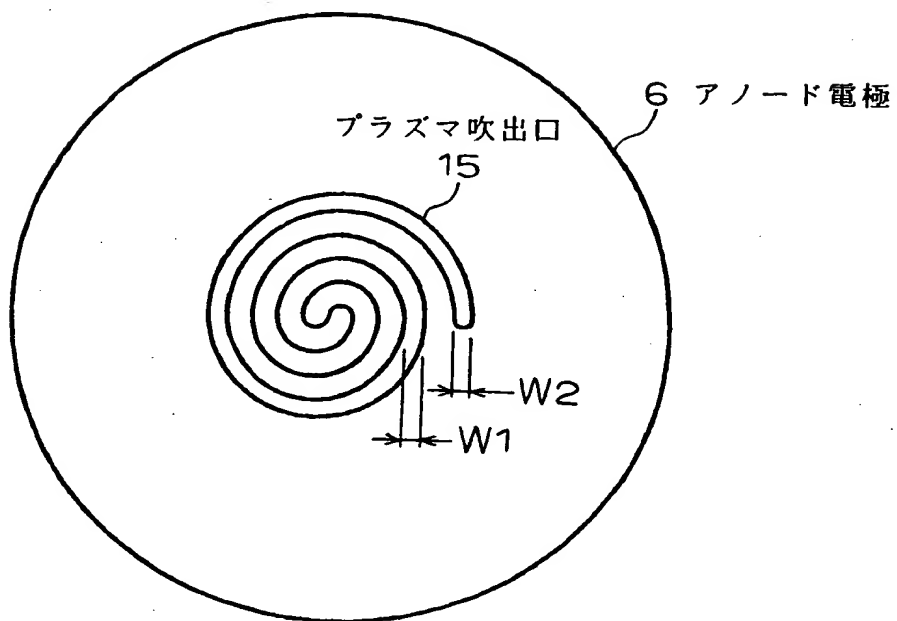
【図 6】

本発明の更に他の実施形態によるアノード電極の平面図



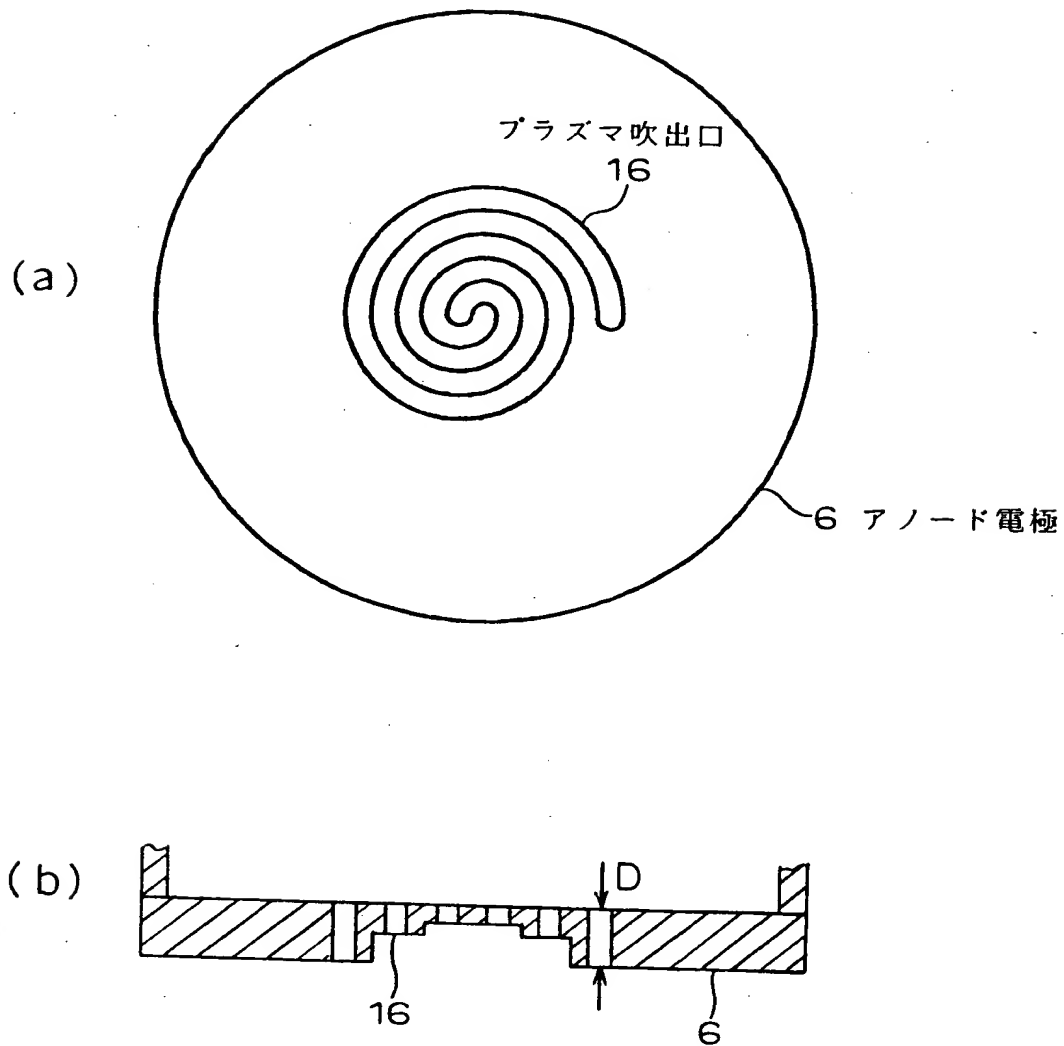
【図 7】

本発明の更に他の実施形態によるアノード電極の平面図



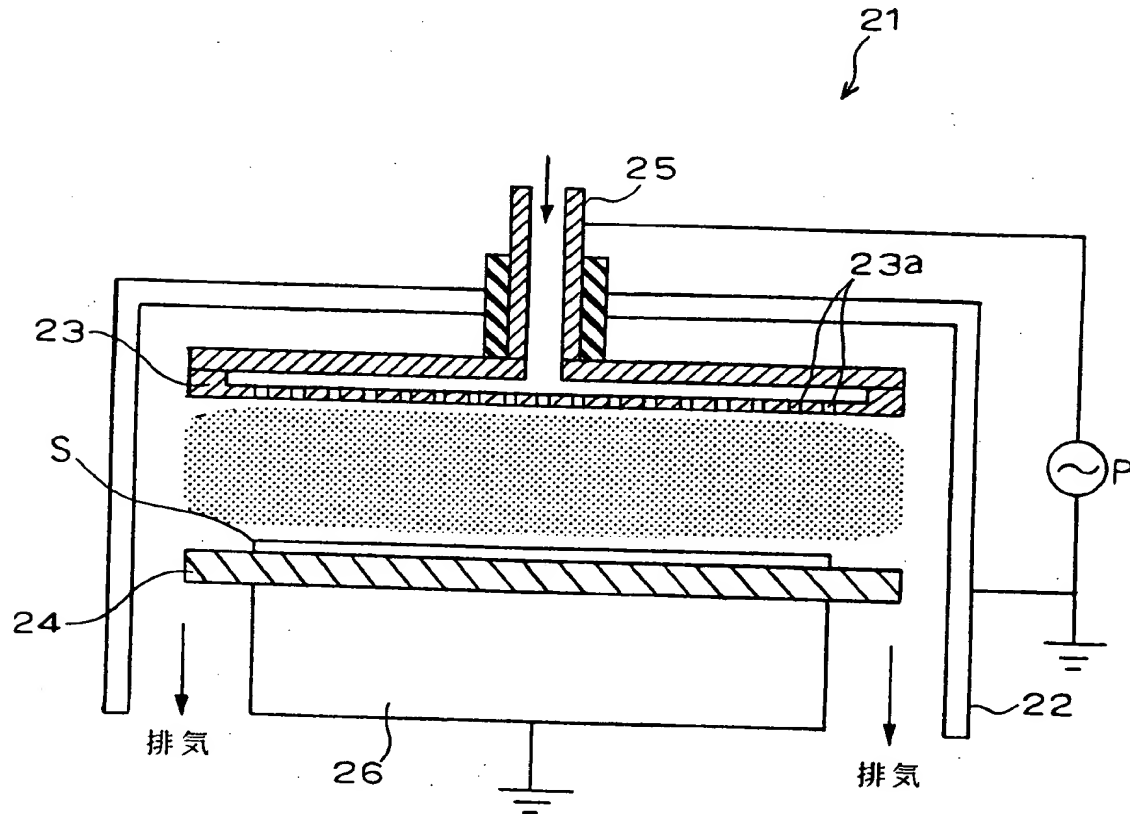
【図 8】

本発明の更に他の実施形態によるアノード電極の平面図及び断面図



【図 9】

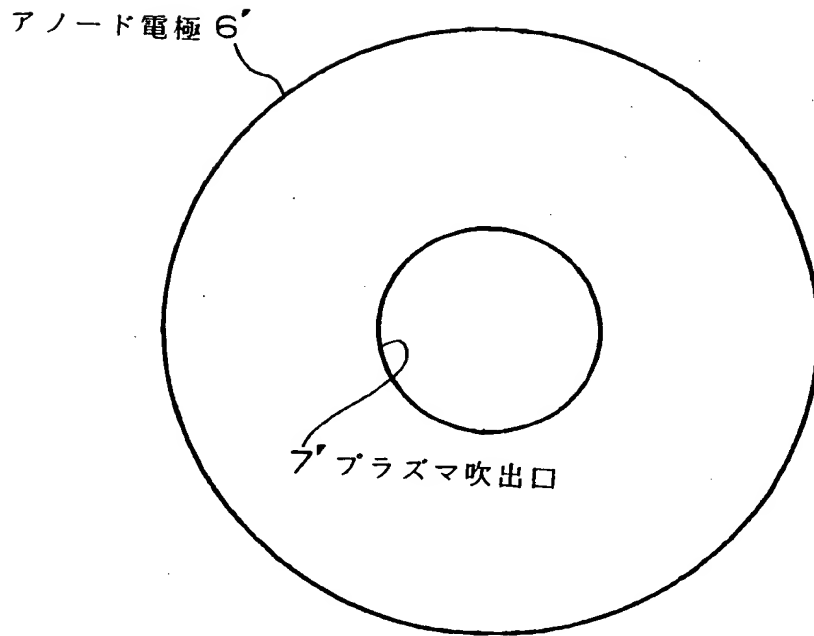
従来の平行平板型の表面処理装置の概略を示す断面図



- |        |          |
|--------|----------|
| 21     | 表面処理装置   |
| 22     | ケーシング    |
| 23, 24 | プラズマ発生電極 |
| 25     | 原料ガス導入管  |
| 26     | ヒーター     |
| S      | 基板       |
| P      | 高周波電源    |

【図 10】

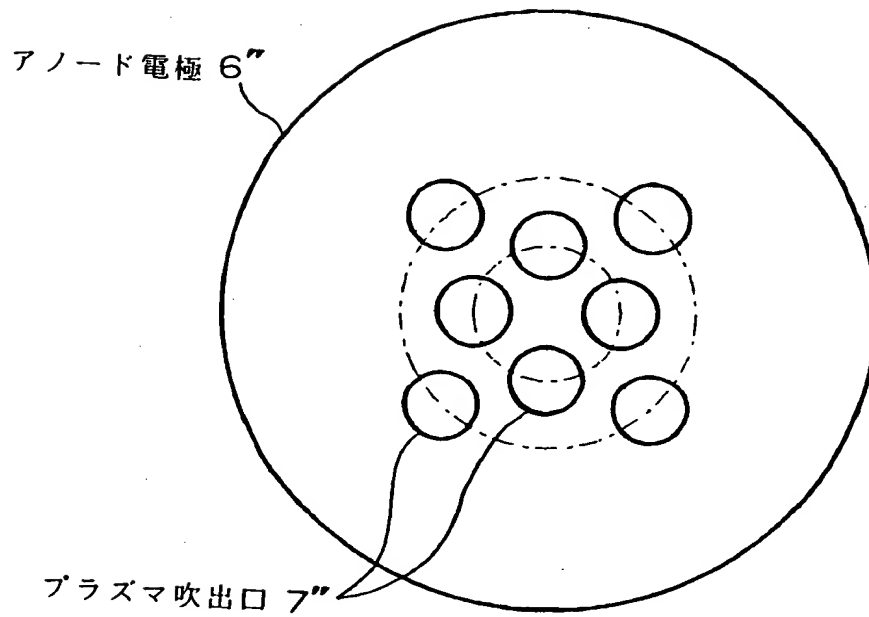
従来のアノード電極の平面図





【図 1 1】

従来他のアノード電極の平面図



【書類名】要約書

【要約】

【課題】高速で高品質に且つ広い面積に均一な表面処理が可能な表面処理装置を提供する。

【解決手段】表面処理装置(1)のケーシング(2)はプラズマ発生電極(5,6)を備えたプラズマ発生室(3)と、基板支持台(9)を備えた基板処理室(4)との二室に画成されている。前記両室(3,4)の隔壁を構成するアノード電極(6)にはプラズマ吹出口(7)が形成されている。同プラズマ吹出口(7)はその上面形状が例えば渦巻き状などの一筆書きできる実質的に連続している長尺なスリット形状をなしている。

【選択図】図1

特 2000-037482

## 認定・付加情報

特許出願の番号	特願2000-037482
受付番号	50000171059
書類名	特許願
担当官	第五担当上席 0094
作成日	平成12年 2月22日

### <認定情報・付加情報>

【提出日】 平成12年 2月16日

次頁無

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000001236]

1. 変更年月日 1990年 8月29日  
[変更理由] 新規登録  
住 所 東京都港区赤坂二丁目3番6号  
氏 名 株式会社小松製作所